

LAPORAN PENGABDIAN MASYARAKAT

**PENYUSUNAN PETA PEMANFAATAN ENERGI ALTERNATIF
POTENSIAL UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI INDUSTRI
AGRO TAHUN 2019**

Dr. Ir. Zulfiandri, MSi



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ESA UNGGUL

JAKARTA

PETA PEMANFAATAN ENERGI ALTERNATIF POTENSIAL UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN INDUSTRI AGRO

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Konsumsi energi di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang signifikan. Sementara cadangan energi nasional semakin menipis sehingga harus ditemukan cadangan energi baru. Semua industri manufaktur membutuhkan bahan bakar sebagai penggerak. Bahan bakar pada umumnya terdiri dari bahan bakar fosil dan non-fosil. Bahan bakar fosil sebagai salah satu sumber energi yang terbatas dan tidak dapat diperbarui, sedangkan bahan bakar non fosil sebagian besar dapat diperbaharui.

Pemerintah telah mendorong pemanfaatan energi alternatif melalui kebijakan pemerintah berdasarkan Peraturan Presiden No. 5/2006 tentang kebijakan energi nasional. Kebijakan ini ditekankan pada usaha untuk menurunkan ketergantungan penggunaan energi fosil. Salah satu energi terbarukan yang mempunyai potensi besar di Indonesia adalah biomassa.

Industri agro yang memproses bahan nabati (yang berasal dari tanaman) atau hewani (yang dihasilkan oleh hewan) berpotensi menghasilkan limbah atau hasil samping menjadi sumber daya energi. Industri agro merupakan industri strategis dan didukung oleh sumber daya alam potensial yang berasal dari sektor pertanian, perikanan/kelautan, peternakan, perkebunan, dan kehutanan. Kontribusi sektor industri agro terhadap PDB industri non migas pada setiap tahunnya cukup signifikan dengan rata-rata sebesar 42% - 48% dan merupakan penyumbang tertinggi dibandingkan dengan sektor industri pengolahan yang lain. Sebagai gambaran, produksi CPO dan CPKO pada tahun 2015 adalah sebesar 34.5 juta ton, rotan sebesar 143,000 ton, kakao sebesar 450,000 ton, dan rumput laut kering sebesar 257,000 ton. Pemerintah, dalam hal ini Kementerian Perindustrian, memiliki kewajiban untuk meningkatkan kontribusi dan pertumbuhan industri manufaktur non migas pada pertumbuhan ekonomi nasional.

Sehubungan dengan hal tersebut, maka dalam rangka mendorong pertumbuhan perekonomian nasional, industri agro perlu didukung pertumbuhan dan perannya. Namun demikian, perlu dilihat bahwa seiring dengan berkembangnya sektor industri, maka hal ini juga akan berperan dalam peningkatan kebutuhan energinya. Sehingga dengan meningkatnya kebutuhan di sektor industri tersebut, perlu diperhatikan kelangsungan ketersediaan pasokan energi dengan harga yang terjangkau.

Salah satu bentuk dukungan tersebut adalah dengan menjamin ketersediaan energi agar dapat tetap berdaya saing, mampu memiliki kapasitas dan produktivitas sesuai kebutuhan serta kualitas produk yang berstandar internasional. Namun ketersediaan energi yang banyak digunakan saat ini adalah energi konvensional seperti batu bara dan minyak bumi yang cadangannya semakin menipis. Untuk itu pencarian energi alternatif lain diperlukan agar ketersediaan energi bagi industri tetap terjamin.

Untuk dapat menjamin ketersediaan energi alternatif pada sektor industri agro, langkah-langkah yang harus diambil adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan pemetaan ketersediaan energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan sektor industri agro;
- 2) Melakukan pemetaan pemanfaatan energi alternatif pada sektor industri agro;
- 3) Mengidentifikasi dan menganalisis tantangan terkait penyediaan energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi di sektor industri agro.

Diharapkan bahwa hasil identifikasi dan analisis ini dapat bermanfaat untuk meningkatkan daya saing industri dalam negeri, baik dalam menghadapi kerja sama perdagangan global yang semakin intensif dan juga khususnya dalam memenuhi permintaan di dalam negeri.

Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam kajian ini adalah:

- 1) Menghasilkan peta potensi energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan sektor industri agro;
- 2) Identifikasi pemanfaatan energi alternatif pada sektor industri agro;
- 3) Identifikasi dan analisis tantangan terkait penyediaan energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan sektor industri agro.

Diharapkan bahwa hasil identifikasi ini dapat bermanfaat untuk meningkatkan daya saing industri dalam negeri, baik dalam menghadapi kerja sama perdagangan global yang semakin intensif dan juga khususnya menjadikan industri agro berbasis lingkungan sehingga mengurangi pemanasan global.

Sektor industri agro yang dianalisis secara lebih mendalam pada kajian ini terdiri dari 10 sektor industri terpilih yang membutuhkan bahan baku paling banyak dan membutuhkan energi paling tinggi atau padat energi, yaitu:

- a. Industri kelapa sawit
- b. Industri kelapa
- c. Industri tebu
- d. Industri karet
- e. Industri kakao
- f. Industri kopi
- g. Industri pulp dan kertas
- h. Industri furniture
- i. Industri padi
- j. Industri jagung

Metodologi

Metodologi yang digunakan adalah pengumpulan, pengolahan, analisis dan penyajian data. Data dikumpulkan dari berbagai sumber seperti Kementerian Pertanian berupa angka tetap produksi dan luas panen pertanian, serta peta tematik kawasan hutan milik Kementerian Kehutanan dan Kementerian Perindustrian. Komoditi yang dihitung adalah sumber energi biomas yang berasal dari perkebunan, pertanian dan hasil samping industri (Gambar 2).



Gambar 1. Kajian potensi biomas di Indonesia

Kerangka Pemikiran

Industri Agro merupakan industri yang khas. Industri ini dalam keilmuan ekologi industri memiliki cara pandang sebagai *closed-industry*, atau dengan kata lain *zero-waste*. Hampir tidak ada hasil samping (*by product*) yang terbuang, atau merupakan industri yang *zero-waste*. Namun cara pandang *closed-industry* ini belum menjadi paradigma seluruh pemangku kepentingan industri agro. Biomassa yang menjadi hasil samping industri Agro dalam beberapa industri sudah dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil. Seperti cangkang sawit yang dibakar sebagai pembangkit energi listrik dan memanaskan boiler di pabrik kelapa sawit (PKS). Jika cara pandang ini menjadi sistem berfikir semua pemangku kepentingan maka, industri Agro akan bisa mencukupi kebutuhan energi sendiri bahkan bisa berlebih. Untuk itu diperlukan suatu pemetaan energi alternatif untuk industri khususnya industri Agro. Identifikasi kebutuhan bahan baku dan energi industri Agro ini memiliki pendekatan neraca keseimbangan massa dan energi. Setiap industri memiliki kekhasan dan karakteristik tersendiri. Untuk itu diperlukan penapisan untuk memilih industri prioritas pada sub sektor industri agro ini. Penapisan menggunakan pendapat pakar (*expert judgement*). Industri yang terpilih ini kemudian masing-masingnya dibuat neraca massa proses dan neraca energinya. Neraca hasil perhitungan akan didapatkan data kebutuhan energi dan potensi energi dalam setiap proses. Potensi energi ini yang dihitung termasuk potensi biomassa yang bisa digunakan menjadi energi. Informasi kebutuhan energi dan potensi energi ini kemudian dikonfirmasi dengan tabel atau hasil penelitian tentang potensi energi biomassa masing-masing industri.

Pendekatan Kajian

Tahapan penelitian yaitu: (1) Identifikasi potensi energi alternatif di industri agro berupa biomassa atau energy alternatif lainnya yang dapat diubah menjadi energi, (2) Identifikasi pemanfaatan energi alternatif di industri agro, dan (3) Identifikasi tantangan terkait penyediaan energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan sektor industri agro, dan (4) Perumusan rekomendasi menghadapi tantangan terkait pemanfaatan energi alternatif pada sektor industri agro.

Potensi Sumber Daya Energi Alternatif

Metode yang digunakan adalah metode neraca massa dan perhitungan nilai kalor bahan untuk mengidentifikasi potensi energi alternatif di industri agro. Beberapa alternatif *renewable energy* adalah biomass dari industri yang menghasilkan hasil samping yang memiliki nilai kalor, biogas bersumber dari industri berbahan baku hewani, energi angin dapat dimanfaatkan pada industri yang berada di sekitar pantai.

Potensi sumber energi alternatif dilakukan menggunakan metode keseimbangan massa proses produksi. Persamaan (1) untuk menentukan masuknya bahan baku dan bahan tambahan (*input*) serta keluaran berupa produk dan hasil samping (*output*).

$$\text{Input (I)} = \text{Produk (P)} + \text{Hasil samping (C)} \quad (1)$$

Berdasarkan model keseimbangan massa proses produksi setiap kompartemen ditentukan hasil samping yang mengandung energi biomassa. Biomassa mengandung energi dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk kebutuhan energi industri agro. Potensi energi hasil samping produksi dihitung berdasarkan nilai kalor yang terkandung dalam material hasil samping. Potensi energi biomassa dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

PEB = Potensi biomassa sebelum proses + Potensi biomassa produk samping

Pembangkit energi panas bahan bakar dicirikan dengan nilai kalor *Net Calorific Value* (NCV) atau *Gross Calorific Value* (GCV). Nilai kalor adalah kuantitas panas yang dilepaskan oleh pembakaran dari kuantitas unit bahan bakar. Perhitungan *output* energi meliputi produk utama dan hasil samping ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$\text{TPE} = \sum(\text{PU} \times \text{K}) + \sum(\text{HS} \times \text{K}) \quad (2)$$

TPE = Total potensi energi (Joule)

PU = Jumlah produk utama (ton)

HS = Jumlah hasil samping (ton)

K = nilai konversi kalori energi produk (Joule/ton)

Melalui tahapan ini maka dapat ditentukan besarnya potensi energi alternatif dalam menunjang terwujudnya industri agro mandiri energi di Indonesia.

Penerima manfaat dari kegiatan identifikasi kebutuhan dan ketersediaan bahan baku dan energi pada sektor industri agro adalah pelaku usaha serta perumus kebijakan dalam upaya meningkatkan daya saing produk industri demi terwujudnya industri agro yang berdaya saing global pada tahun 2025. Di sisi lain untuk di masa mendatang, sektor industri agro mampu berperan lebih besar dalam mendorong pertumbuhan ekonomi nasional dengan memanfaatkan potensi untuk menghasilkan energi seperti bahan bakar dan listrik.

Strategi Pencapaian Keluaran

1. Metode Pelaksanaan.

Metode pelaksanaan kegiatan ini adalah swakelola dan pelaksanaan dilaksanakan oleh Sekretariat Direktorat Jenderal Industri Agro.

2. Tahapan Pelaksanaan.

Pekerjaan pada tahun anggaran 2019 dengan pelaksanaan diatur sebagai berikut:

- a. Pembahasan awal, pertengahan dan akhir dalam pelaksanaan Kajian dan analisis Peta Pemanfaatan Energi Alternatif Potensial Untuk Memenuhi Kebutuhan Industri Agro dilakukan dengan Rapat Persiapan membahas tata cara dan bagaimana prosedur pelaksanaan kegiatan.
- b. *Focused Group Discussion* (FGD), dalam tahapan ini merupakan pelaksanaan Identifikasi potensi dan pemanfaatan energi alternatif pada Sektor Industri Agro dalam upaya guna pendalaman kebijakan terkait pemanfaatan energi alternatif. FGD dilakukan sebanyak 3 kali.
- c. Melakukan identifikasi potensi dan pemanfaatan energi alternatif pada industri agro yang tersebar di Jawa, Kalimantan, Sulawesi dan Sumatera berdasarkan usulan dari segenap Direktorat Pembina Industri di Lingkungan Direktorat Jenderal Industri Agro. Pelaksanaan identifikasi dapat dilakukan dengan berbasis *desk study*.
- d. Survey uji petik/pengumpulan data dan informasi. Pelaksanaan uji petik dilakukan untuk memperoleh data dan informasi dari daerah seperti propinsi dan kabupaten kota, yang diperlukan dalam upaya mengetahui potensi dan pemanfaatan energi alternatif pada sektor industri agro. Survey dan pengumpulan data dan informasi ini dilakukan melalui identifikasi, yang melibatkan para pegawai dari Direktorat Jenderal Industri Agro.

Pelaksanaan finalisasi kegiatan identifikasi potensi dan pemanfaatan energi alternatif pada sektor industri agro ini berupa pencetakan laporan akhir yang akan dilakukan oleh pelaku kegiatan. Hasil laporan akhir akan didistribusikan kepada pihak-pihak terkait sebagai dasar koordinasi, evaluasi dan monitoring.

Waktu Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan ini dilaksanakan selama 7 bulan kalender pada tahun anggaran 2019.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi Biomassa Dari Hasil Samping Perkebunan Kelapa Sawit

Potensi biomassa dari perkebunan kelapa sawit menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan sebagai energi terbarukan. Batang sawit dan pelepah-pelepah sawit tersebut bisa dimanfaatkan untuk bahan bakar. Batang-batang sawit tersebut harus dikecilkan ukurannya (*size reduction*) seukuran serbuk kayu (*sawdust*) lalu dikeringkan dan selanjutnya dipelletkan. Dengan cara seperti itu limbah-limbah biomassa menjadi termanfaatkan. Pelepah-pelepah sawit bisa langsung digunakan sebagai bahan bakar dalam tungku pembakaran dengan panas *flue gas* untuk pengeringan serbuk batang sawit. Abu dari pembakaran pelepah sawit juga bisa dikembalikan ke kebun sebagai pupuk yang kaya kalium (K). Perhitungan potensi biomassa salah satunya adalah menggunakan neraca massa dari komoditi kelapa sawit. Sisa perkebunan berupa pelepah sawit dihasilkan 8,4 ton/ha/tahun sedangkan sisa tanaman ulang berupa batang sawit dihasilkan sebanyak 65 ton/ha.

Tabel 2 menunjukkan potensi biomassa yang dimiliki kelapa sawit baik dari limbah pada lahan atau perkebunan sawit meliputi pelepah sawit dan kayu atau batang sawit.

Tabel 1 Potensi biomas tanaman kelapa sawit

Kapasitas produksi sawit (ton/tahun)	Hasil samping biomassa	Massa biomas/ton produk (%)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton produk (MJ)	Potensi Total Kalori (GJ)
40,567,200.00	Pelepah	2.8	1,135,881.60	15,720.00	440.16	17,856,058.75
	Kayu	0.87	352,123.30	17,470.00	151.64	6,151,593.98
Total energi/tahun (GJ)						24,007,652.73

Sumber: BPS (2018), data diolah

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa dari kapasitas produksi kelapa sawit 40,567,200.00 ton/tahun dapat dihasilkan biomassa untuk pelepah sawit sebesar 1,135,881.60 juta ton dan kayu sebesar 352,123.30 juta ton dengan energi yang dihasilkan sebesar 24,007,652.73 GJ. Persentase energi hasil samping biomas pelepah sebesar 74.38% dan kayu 25.62% pada perkebunan sawit. Perhitungan kayu sawit menggunakan asumsi bahwa usia kelapa sawit adalah 25 tahun. Jadi potensi kayu sawit pertahun diperoleh dari total potensi kayu sawit dibagi 25.

Biomassa Hasil Samping Perkebunan Kelapa (*cocos nucifera*)

Kelapa merupakan tanaman perkebunan dengan areal terluas di Indonesia, lebih luas dibanding karet dan kelapa sawit. Menempati urutan teratas untuk tanaman budidaya setelah padi. Dengan luas dan hasil yang melimpah maka kelapa menghasilkan hasil samping perkebunan yang juga melimpah seperti tempurung dan sabut kelapa. Produk samping tanaman kelapa dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi biomassa, antara lain tempurung (12%) dan sabut (35%).

Tabel 3 memperlihatkan potensi biomas yang berasal dari hasil samping perkebunan kelapa berupa tempurung dan sabut.

Tabel 2 Potensi biomas tanaman kelapa

Kapasitas produksi kelapa (ton/tahun)	Hasil samping biomassa	Massa biomas/ton produk (%)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton produk (MJ)	Potensi Total Kalori (GJ)
2,899,700.00	Tempurung	12.00	347,964.00	17,000.00	2,040.00	5,915,388.00
	Sabut	35.00	1,014,895.00	15,750.00	5,512.50	15,984,596.25
Total energi/tahun (GJ)						21,899,984.25

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa dari kapasitas produksi kelapa 2,899,700.00 ton/tahun dapat dihasilkan biomassa untuk tempurung kelapa sebesar 347,964.00 juta ton dan sabut kelapa sebesar 1,014,895.00 juta ton dengan energi yang dihasilkan sebesar 21,899,984.25 GJ. Persentase energi hasil samping biomas tempurung sebesar 27.01% dan sabut 72.99% pada perkebunan kelapa.

Biomassa Hasil Samping Perkebunan Tebu

Kebun tebu menghasilkan hasil samping berupa daun tebu kering, pucuk tebu, sogolan, blotong, abu, dan limbah cair yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Tebu juga tergolong tanaman yang paling efektif dalam mengubah energi matahari menjadi energi kimia dalam bentuk biomassa. Sisa perkebunan tebu yang

dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif adalah daun tebu kering atau daduk sebesar 4% dan pucuk tebu sebesar 14%.

Tabel 4 memperlihatkan potensi biomassa yang terkandung dalam perkebunan tebu berupa pucuk daun dan daduk.

Tabel 3 Potensi biomas tanaman tebu

Kapasitas produksi tebu (ton/tahun)	Hasil samping biomassa	Massa biomas/ton produk (%)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton produk (MJ)	Potensi Total Kalori (GJ)
2,174,400.00	Pucuk daun	14.00	304,416.00	18,000.00	2,520.00	5,479,488.00
	Daduk	4.00	86,976.00	18,300.00	732.00	1,591,660.80
Total energi/tahun (GJ)						7,071,148.80

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa dari kapasitas produksi tebu 2,174,400.00 ton/tahun dapat dihasilkan biomassa untuk pucuk daun tebu sebesar 304,416.00 juta ton dan daduk sebesar 86,976.00 juta ton. Energi yang dihasilkan kebun tebu per tahun sebesar 7,071,148.80 GJ. Persentase energi hasil samping biomas pucuk daun sebesar 77.49% dan daduk 22.51% pada perkebunan tebu.

Biomassa Hasil Samping Perkebunan Kakao

Buah kakao yang dimanfaatkan sebagai komoditas ekspor adalah keping biji. Hasil samping perkebunan dan pengolahan tanaman kakao terdiri dari kulit buah kakao, kulit biji kakao, debu kakao dan plasenta. Kulit buah kakao adalah bagian kulit yang bertekstur tebal dan keras mencakup kulit terluar sampai daging buah. Kulit buah kakao merupakan hasil samping yang ketersediannya paling banyak, yaitu sebesar 75% dari keseluruhan buah. Hasil samping ini yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku penghasil energi terbarukan atau biomassa.

Tabel 5 Potensi Biomassa tanaman kakao

Kapasitas produksi kakao (ton/tahun)	Hasil samping biomassa	Massa biomas/ton produk (%)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton produk (MJ)	Potensi Total Kalori (GJ)
593,800.00	Cangkang (kering)	47.20	280,273.60	20,090.00	9,482.48	5,630,696.62
	Kulit biji kakao (kering)	2.00	11,876.00	16,941.02	338.82	201,191.51
Total energi/tahun (GJ)						5,831,888.13

Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa dari kapasitas produksi kakao 593,800.00 ton/tahun dapat dihasilkan biomassa untuk cangkang kakao kering sebesar 280,273.60 juta ton dan kulit biji kakao kering sebesar 11,876.00 juta ton. Energi yang dihasilkan dari hasil perkebunan kakao per tahun sebesar 5,831,888.13 GJ. Persentase energi hasil samping biomas berupa cangkang kakao sebesar 96.55% dan kulit biji kakao kering sebesar 3.45%.

Hasil Samping Perkebunan Karet

Biomassa limbah perkebunan karet tersebut dihasilkan dari proses peremajaan pohon karet yang mengalami peremajaan sebanyak 3-4% per tahun. Kegiatan tersebut menghasilkan rata-rata biomassa limbah karet berupa kayu sebesar 35 m³ per tahun atau 21.5 ton/ha per tahun (Sudrajat 2004). Menurut Seng (1951) kayu karet memiliki kualitas yang baik jika digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang untuk energi biomassa. Hal ini dikarenakan kayu karet memiliki densitas 0.64 gram/cm³, termasuk di dalam kelas III (0.6-0.75) atau termasuk baik jika digunakan sebagai arang untuk energi biomassa. Menurut Syachri dan Hartoyo (1976) kayu yang memiliki densitas tinggi memiliki rendemen yang tinggi pada arangnya dan memiliki kadar air yang sedikit sehingga kayu karet dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku produksi biopellet. Penelitian yang telah dilakukan Adrian et al. (2015) karakteristik biopellet yang dihasilkan dari kayu karet memiliki kadar air berkisar antara 15.06% - 17.26% dan nilai kalor berkisar antara 4 029 kkal/kg – 4 106 kkal/kg.

Tabel 6 menunjukkan besarnya potensi yang dimiliki kayu limbah tanaman karet yang dapat dimanfaatkan sebagai energy alternative biomassa.

Tabel 4 Potensi biomassa hasil samping tanaman karet

Kapasitas produksi karet (ton/tahun)	Hasil samping biomas	Massa biomas/ton bahan baku (ton)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton produk (MJ)	Potensi Total Kalori (GJ)
52,000,000.00	Kayu	12.36	642,460,000.00	18,409.60	227,450.61	11,827,431,616.00
Total energi/tahun (GJ)						11,827,431,616.00

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa dari kapasitas produksi tanaman karet 52,000,000.00 ton/tahun dapat dihasilkan biomassa berupa kayu pohon karet sebesar 642,460,000.00 juta ton dan energi yang dihasilkan sebesar 11,827,431,616.00 GJ.

Biomassa Hasil Samping Perkebunan Kopi

Potensi limbah kopi diperoleh dari tahapan pengolahan kopi cara kering maupun basah adalah kulit buah basah, limbah cair yang mengandung lendir, dan kulit gelondong kering maupun cangkang kering. Untuk setiap pengolahan 1000 kg buah kopi akan dihasilkan 55% biji kopi dan 45% kulit gelondong kering. Kulit gelondong kering terdiri dari kulit cangkang, lendir, dan kulit buah (Nendyo Adhi Wibowo dan Bambang Eka Tjahjana, 2014). Tabel 7 menunjukkan besarnya potensi yang dimiliki limbah tanaman kopi berupa kulit biji kopi yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternative biomassa.

Tabel 5 Potensi biomassa kopi

Kapasitas produksi karet (ton/tahun)	Hasil samping biomas	Massa biomas/ton bahan baku (ton)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton produk (MJ)	Potensi Total Kalori (GJ)
722,500.00	Kulit biji kopi	45.00	325,125.00	20,090.00	9,040.50	6,531,761.25
Total energi/tahun (GJ)						6,531,761.25

Dari Tabel 7 dapat diketahui bahwa dari kapasitas produksi biji kopi sebesar 722,500.00 ton/tahun dapat dihasilkan biomassa berupa kulit biji kopi sebesar 325,125.00 juta ton dan energi yang dihasilkan sebesar 6,531,761.25 GJ.

Biomassa Hasil Samping Tanaman Padi

Potensi biomassa tanaman padi berupa jerami dan sekam. Sekam padi merupakan lapisan keras yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomas yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar. Pada proses penggilingan padi diperoleh sekam sekitar 20-30% dari bobot gabah. Sedangkan jerami adalah hasil samping usaha pertanian berupa tangkai dan batang tanaman serealia yang telah kering, setelah biji-bijiannya dipisahkan. Massa jerami kurang lebih setara dengan massa biji-bijian yang dipanen.

Tabel 6 Potensi biomas tanaman padi

Kapasitas produksi padi (ton/tahun)	Hasil samping biomas	Massa biomas/ton produk (%)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton produk (MJ)	Potensi Total Kalori (GJ)
75,397,841.00	Jerami	58.00	43,730,747.78	15,200.00	8,816.00	664,707,366.26
	Sekam	20.00	15,079,568.20	14,000.00	2,800.00	211,113,954.80
Total energi/tahun (GJ)						875,821,321.06

Dari Tabel 8 dapat diketahui bahwa dari kapasitas produksi padi 75,397,841.00 ton/tahun dapat dihasilkan biomassa untuk jerami padi sebesar 43,730,747.78 juta ton dan sekam padi sebesar 15,079,568.20 juta ton dengan energi yang dihasilkan jerami sebesar 664,707,366.26 GJ (75.90%) dan sekam padi sebesar 211,113,954.80 GJ (24.10%). Total keseluruhan energi yang bisa diperoleh dari potensi biomassa tanaman padi adalah sebesar 875,821,321.06 GJ per tahun.

Biomassa Hasil Samping Tanaman Jagung

Hasil utama jagung adalah biji jagung yang digunakan terutama untuk makanan manusia dan ternak. Limbah jagung seringkali menimbulkan masalah serius bagi lingkungan, terutama karena pembakaran limbah menimbulkan polusi yang hebat dan juga membahayakan lingkungan. Padahal energi yang terkandung dalam limbah organik padat dapat dimanfaatkan melalui pembakaran langsung atau dengan terlebih dahulu mengkonversikannya dalam bentuk lain yang bernilai ekonomis, yang lebih efisien dan efektif penggunaannya. Penggunaan limbah jagung kering menjadi biomassa melalui proses pirolisis. Pemanenan jagung menghasilkan jagung tongkol (58%), batang (30%) dan daun (12%). Proses pemipilan jagung menghasilkan produk utama berupa jagung pipilan (40%) dan produk samping berupa tongkol (12%) dan kulit jagung (6%).

Tabel 9 menunjukkan potensi biomassa limbah tanaman jagung yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif.

Tabel 7 Potensi biomassa tanaman jagung

Kapasitas produksi (ton/tahun)	Hasil samping biomas	Massa biomas/ ton produk (%)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton produk (MJ)	Potensi Total Kalori (GJ)
19,612,435.00	Klobot	6.00	1,176,746.10	17,800.00	1,068.00	20,946,080.58
	Tongkol	12.00	2,353,492.20	16,900.00	2,028.00	39,774,018.18
	Batang	30.00	5,883,730.50	17,740.00	5,322.00	104,377,379.07
Total energi/tahun (GJ)						165,097,477.83

Dari Tabel 9 dapat diketahui bahwa dari kapasitas produksi jagung 19,612,435.00 ton/tahun dapat dihasilkan biomassa berupa klobot jagung sebesar 1,176,746.10 juta ton, tongkol jagung sebesar 2,353,492.20 juta ton dan batang sebesar 5,883,730.50 juta ton. Potensi energi yang dihasilkan klobot jagung adalah sebesar 20,946,080.58 GJ (12.69%), tongkol jagung sebesar 39,774,018.18 GJ (24.09%) dan batang jagung sebesar 104,377,379.07 GJ (63.22%). Total potensi energi biomassa yang dihasilkan sebesar 165,097,477.83 GJ.

Biomassa Hasil samping industri berbasis kelapa Sawit

Pabrik pengolahan kelapa sawit merupakan industri yang sarat dengan residu pengolahan. Pabrik pengolahan kelapa sawit hanya menghasilkan 25-30 % produk utama berupa 20-23 % crude palm oil dan 5-7 % inti sawit (kernel). Sementara sisanya sebanyak 70-75 % adalah residu hasil pengolahan berupa limbah. Limbah adalah kotoran atau buangan yang merupakan komponen pencemaran yang terdiri dari zat atau bahan yang tidak mempunyai kegunaan lagi bagi masyarakat. Limbah industri dapat digolongkan kedalam tiga golongan yaitu limbah cair, limbah padat, dan limbah gas. Pabrik pengolahan kelapa sawit menghasilkan sebanyak 11-12% serat, 5-7% cangkang, 20-23% tandan kosong sawit dan 50-60% limbah cair (POME). Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik pengolahan kelapa sawit merupakan komponen terbanyak yaitu berkisar antara 600-700 liter/ton. Saat ini diperkirakan jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit di Indonesia mencapai 28,7 juta ton.

Tabel 10 menunjukkan potensi biomassa yang dimiliki dari hasil samping pengolahan kelapa sawit di pabrik. Hasil samping pengolahan kelapa sawit berupa serat, cangkang, tandan kosong (padat) dan POME (cair).

Tabel 8 Potensi biomassa industri Kelapa Sawit

Kapasitas Produksi (ton/tahun)	Kebutuhan bahan baku industri sawit (ton/thaun)	Hasil samping biomas	Massa biomas/ ton bahan baku (%)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori (MJ/kg)	Kalori/ton bahan baku (MJ)	Potensi Total Kalori (GJ)
34,075,418.20	154,888,264.55	Mesocarp fiber	12.00	18,586,591.75	19,050.00	2,286.00	354,074,572.75
		Cangkang	6.00	9,293,295.87	20,090.00	1,205.40	186,702,314.08
		TKS	21.50	33,300,976.88	18,790.00	4,039.85	625,725,355.52
		POME	55.00	85,188,545.50	35,700.00	19,635.00	3,041,231,074.35
Total energi/tahun (GJ)							4,207,733,316.71

Potensi biomassa hasil samping pengolahan kelapa sawit diperoleh dari kebutuhan bahan baku industri sawit dikalikan dengan massa biomassa. Hasil samping berupa mesocarp fiber (MF) sebesar 18,586,591.75 juta ton, cangkang sebesar 9,293,295.87 juta ton, tandan kosong sebesar 33,300,976.88 juta ton dan POME sebesar 85,188,545.50 juta ton, dengan energi yang diperoleh dari keseluruhan potensi biomassa yang ada sebesar 4,207,733,316.71 GJ. Persentase energi hasil samping biomas MF sebesar 8.41%, cangkang 4.44%, TKS 14.87% dan POME 72.28% pada industri kelapa sawit.

Biomassa Hasil samping industri berbasis kelapa

Pengolahan buah kelapa menjadi produk santan menghasilkan produk samping berupa ampas. Limbah perkebunan maupun produk samping kelapa dalam dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi biomassa.

Tabel 11 memperlihatkan potensi biomassa yang berasal dari hasil samping pengolahan kelapa berupa ampas kelapa.

Tabel 9 Potensi biomassa industri kelapa

Kapasitas Produksi (ton/tahun)	Kebutuhan bahan baku (ton/thaun)	Hasil samping biomas	Massa biomas/ton bahan baku (%)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton bahan baku (MJ)	Potensi total kalori (GJ)
28,997.00	341,141.18	Ampas kelapa	19.50	66,522.53	5,240.00	1,021.80	348,578.05
Total energi/tahun (GJ)							348,578.05

Dari Tabel 11 dapat diketahui bahwa potensi biomas yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sebesar 66,522.53 juta ton ampas kelapa. Energi yang diperoleh sebesar 348,578.05 GJ.

Biomassa Hasil samping industri berbasis tebu

Dalam industri tebu, selain dihasilkan gula sebagai produk utama, juga dihasilkan produk samping berupa tetes tebu (molase) sebesar 5%, ampas tebu (bagase) sebesar 30% dan blotong sebesar 4%, yang semuanya dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk menghasilkan energi terbarukan (biomassa). Tetes tebu dapat dimanfaatkan sebagai bioethanol, ampas tebu merupakan sumber energy potensial pembangkit listrik karena mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi dan blotong dapat dimanfaatkan dalam pembuatan briket biomassa sebagai salah satu sumber energi alternative.

Tabel 12 memperlihatkan potensi biomassa yang terkandung hasil samping pengolahan tebu berupa ampas tebu, tetes tebu (molase) dan blotong.

Tabel 10 Potensi biomassa industri tebu

Kapasitas produksi (juta ton)	Kebutuhan bahan baku (ton/tahun)	Hasil samping biomas	Massa biomas/ton bahan baku (%)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton bahan baku (MJ)	Potensi total kalori (GJ)
2,174,400.00	27,180,000.00	Ampas tebu	30.00	8,154,000.00	18,250.00	5,475.00	148,810,500.00
		Blotong	4.00	1,087,200.00	4,920.00	196.80	5,349,024.00
		Molase	5.00	1,359,000.00	3,990.00	199.50	5,422,410.00
Total energi/tahun (GJ)							159,581,934.00

Kapasitas produksi industri tebu 2,174,400.00 ton/tahun dengan kebutuhan bahan baku sebesar 27,180,000.00 juta ton akan menghasilkan produk samping pengolahan industri tebu berupa ampas tebu dengan potensi biomassa sebesar 8,154,000.00 juta ton, blotong sebesar 1,087,200.00 juta ton dan molase sebesar 1,359,000.00 juta ton dengan total energi yang dihasilkan sebesar 159,581,934.00 GJ per tahun. Persentase energi hasil samping biomas ampas tebu sebesar 93.25%, blotong sebesar 3.35%, dan molase sebesar 3.40% pada industri tebu.

Biomassa Hasil samping Industri berbasis kakao

Salah satu komoditas pertanian yang penting adalah kakao. Menurut data Bappenas (2011), Indonesia merupakan produsen kakao ke-3 terbesar dunia, dengan menyumbang 18 persen dari pasar global. Adapun menurut data dari Ditjen Perkebunan (2012), kakao merupakan salah satu komoditas unggulan perkebunan yang prospektif serta berpeluang besar dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat karena sebagian besar diusahakan melalui perkebunan rakyat (\pm 94,01%). Komponen buah kakao segar terdiri dari 3 bagian yaitu kulit buah sekitar 74-75,67%, biji 21,74-24% dan placenta 2-2,59% (Haryati dan Mardjosuwito, 1984; Darwis et al., 1988).

Pada umumnya petani hanya menjual produk primernya berupa biji kakao yang merupakan 21-24% bagian dari buah kakao sedangkan bagian kulitnya yang merupakan komponen terbesar dari buah kakao pemanfaatannya belum optimal sehingga menjadi limbah di kebun dan dapat menjadi sumber hama dan penyakit. Kulit buah/biji kakao (shell) dapat ditingkatkan manfaatnya menjadi sumber unsur hara tanaman (kompos), pakan ternak, sumber pektin dan energi. Potensi energi yang terkandung dalam shell kakao yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku energi alternative dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 11 Potensi biomassa industri kakao

Kapasitas Produksi (ton/tahun)	Kebutuhan bahan baku (ton/thaun)	Hasil samping g biomas	Massa biomas/ton bahan baku (%)	Potensi total biomas (juta ton)	Kalori biomas (MJ/kg)	Kalori/ton bahan baku (MJ)	Potensi total kalori (GJ)
956,258.00	1,494,153.13	Shell	15.00	224,122.97	14,000.00	2,100.00	3,137,721.56
Total energi/tahun (GJ)							3,137,721.56

Dari Tabel 13 dapat diketahui bahwa potensi biomas yang dihasilkan dari pengolahan biji kakao berupa kulit biji kakao sebesar 224,122.97 juta ton. Energi yang diperoleh dari kulit biji kakao sebesar 3,137,721.56 GJ.

Biomassa Hasil samping industri pulp dan kertas

Berdasarkan hasil survey, kebutuhan energy untuk dipabrik pengolahan pulp sebesar 36,9 GJ per ton pulp dan di pabrik kertas sebesar 16,3 GJ/ton kertas. Total kebutuhan energi berdasarkan kapasitas produksi adalah sebesar 173.122,8 tera joule. Industri pulp dan kertas bisa mencukupi kebutuhan energi tersebut dari energi yang berasal dari biomassa dan sisa input bahan baku. Tantangan pemenuhan kebutuhan energi untuk industri ini adalah ketersediaan biomassa dan karakteristik teknologi yang digunakan. Biomassa produk samping hasil pengolahan pulp dan kertas adalah berupa kulit kayu dan potongan-potongan kayu. Karakteristik teknologi energi yang digunakan untuk industri pulp dan kertas tergantung dari jenis proses yang digunakan. Setiap proses memerlukan energi tertentu yang bisa

menggunakan bahan bakar seperti batubara, gas dan minyak maupun menggunakan energi listrik. Tabel 14 memperlihatkan potensi biomass dan energy yang dihasilkan dari limbah industri pulp dan kertas.

Tabel 14 Potensi biomassa industri pulp dan kertas

Kapasitas Produksi (ton/tahun)	Kebutuhan bahan baku (ton/thaun)	Hasil samping biomass	Massa biomass/ton bahan baku (%)	Potensi total biomass (juta ton)	Kalori biomass (MJ/kg)	Kalori/ton bahan baku (MJ)	Potensi total kalori (GJ)
2,977,914.00	12,007,717.74	Kulit kayu + potongan kayu	30.00	3,602,315.32	16,736.00	5,020.80	60,288,349.24
Total energi/tahun (GJ)							60,288,349.24

Dari Tabel 14 dapat diketahui bahwa potensi biomass yang dihasilkan dari industri pengolahan pulp dan paper adalah sebesar 224,122.97 juta ton berupa limbah kulit kayu dan potongan-potongan kayu. Energi yang diperoleh adalah sebesar 60,288,349.24 GJ.

Biomassa Hasil samping industri furniture

Kayu merupakan salah satu sumber energi yang diharapkan dapat menggantikan sumber bahan bakar minyak, namun apabila kayu langsung dijadikan sebagai bahan bakar mempunyai sifat-sifat yang kurang menguntungkan, antara lain kadar air yang tinggi, bulki, mengeluarkan asap, banyak abu, dan nilai kalornya rendah (Zam 2011). Bahan bakar dari kayu yang umum digunakan secara langsung adalah sebetan dan serbuk gergaji. Serbuk gergaji melalui proses lanjutan berupa pengeringan dan pengepresan yang dapat dijadikan bahan bakar dinamakan pelet kayu. Jenis bahan bakar ini merupakan bahan bakar kayu alternatif yang dipandang memiliki keunggulan terutama memiliki nilai kalor yang cukup tinggi.

Potensi energi yang terkandung dalam hasil samping industri furniture kayu yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku energi alternative dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15 Potensi biomassa industri furnitur

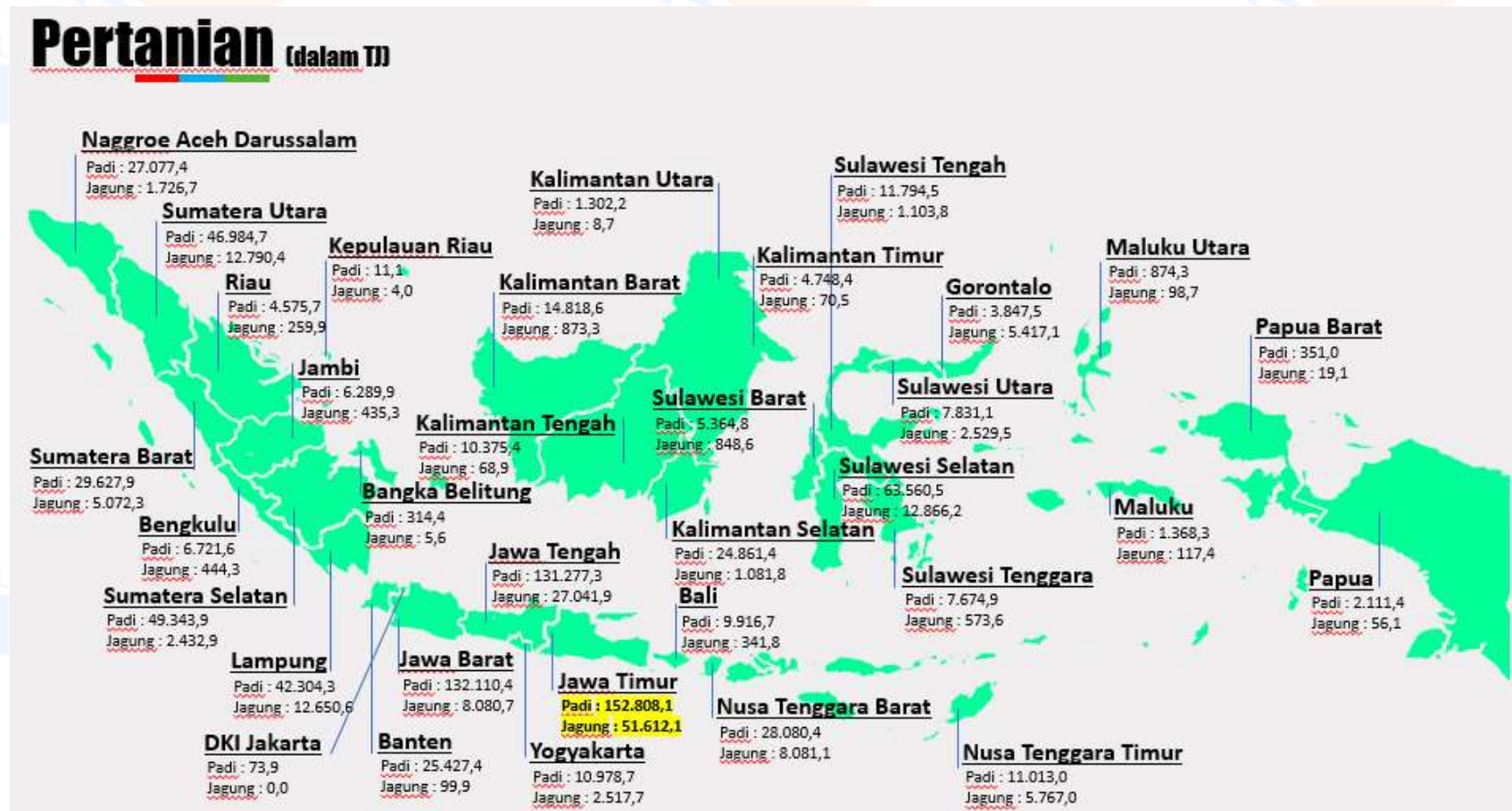
Kapasitas Produksi (ton/tahun)	Kebutuhan bahan baku (ton/thaun)	Hasil samping biomass	Massa biomass/ton bahan baku (%)	Potensi total biomass (juta ton)	Kalori biomass (MJ/kg)	Kalori/ton bahan baku (MJ)	Potensi total kalori (GJ)
3,093,670.00	4,617,417.91	potongan kayu + sebetan + serbuk gergaji	36.00	1,662,270.45	16,736.00	6,024.96	27,819,758.21
Total energi/tahun (GJ)							27,819,758.21

Dari Tabel 15 dapat diketahui bahwa potensi biomass yang dihasilkan dari industri furniture (kayu) berupa limbah potongan-potongan kayu, serbuk gergaji dan sebetan kayu adalah sebesar 1,662,270.45 juta ton. Energi yang diperoleh adalah sebesar 27,819,758.21 GJ.

Peta Potensi Energi Biomasa di Indonesia

Menipisnya cadangan bahan bakar fosil dan meningkatnya populasi manusia sangat kontradiktif dengan kebutuhan energi bagi kelangsungan hidup manusia beserta aktivitas ekonomi dan sosialnya. Untuk mengantisipasi kelangkaan energi di Indonesia, pemerintah telah mendorong penggunaan energi baru dan terbarukan. Biomassa merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan (EBT) yang potensinya sangat melimpah di Indonesia. Potensi besar biomassa yang ada untuk energi saat ini adalah limbah hasil perkebunan seperti kelapa sawit, kelapa dan tebu, serta limbah hasil hutan, seperti limbah gergajian dan limbah produksi kayu. Limbah tanaman pangan (pertanian) juga memiliki jumlah yang besar, tetapi sebagian besar telah digunakan oleh masyarakat untuk berbagai kepentingan (pertanian, energy, industri). Biomassa biasanya dikumpulkan dari berbagai jenis tumbuhan. Potensi biomassa adalah banyaknya sumber biomassa yang dihasilkan oleh suatu kawasan. Sedangkan suplai aktual biomassa adalah banyaknya sumber biomassa yang dapat diakses untuk keperluan konversi energi. Tabel 16 memperlihatkan potensi biomassa (energi) yang dimiliki oleh masing-masing daerah di Indonesia dari potensi hasil perkebunan, hasil pertanian maupun industri agro.

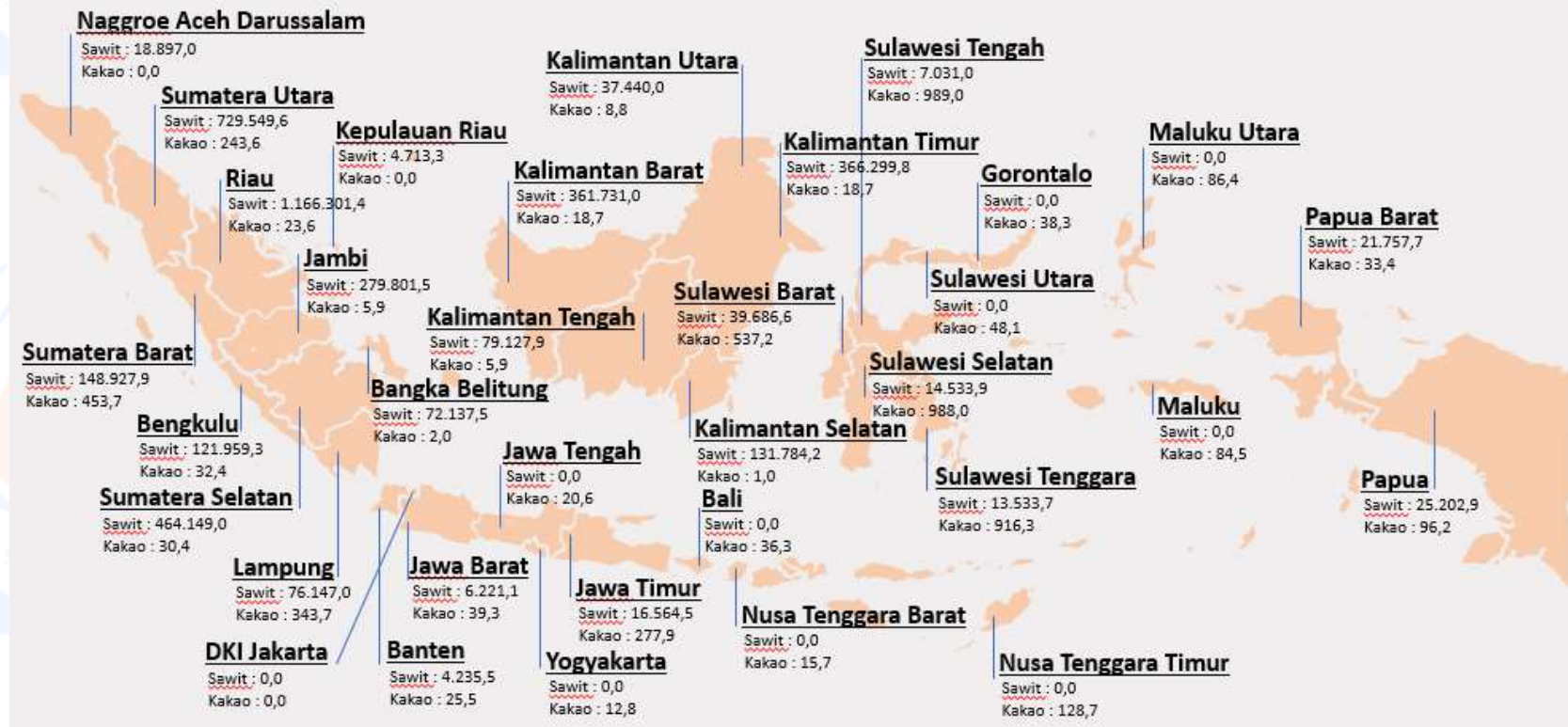
Gambar peta



Perkebunan (dalam TJ)



Hasil Samping Industri (dalam TJ)



Pemanfaatan Energi Alternatif di Industri Agro

Sumber energi dari biomassa sudah lama dikenal dan digunakan oleh masyarakat secara umum dan kalangan industri. Masyarakat petani menggunakan biomassa sebagai energi untuk memanaskan, menghangatkan dan keperluan lainnya dalam skala rumah tangga. Industri kecil dan menengah menggunakan biomassa sebagai pemanas ketel dan broiler, seperti industri minyak atsiri skala IKM menggunakan dedaunan kering dan ranting sebagai bahan bakar tambahan pendamping batubara. Industri skala besar seperti pabrik kelapa sawit menggunakan cangkang sawit sebagai pemanas broiler. Penggunaan biomassa sebagai sumber energi terbarukan sudah menjadi kearifan lokal di masyarakat umum dan sudah lama digunakan oleh kalangan industri. Penggunaan energi ini secara umum dapat dibagi atas tiga level yakni :

Energi biomassa Level 1: Hanya tersedia bahan baku biomas, penggunaan baru dalam skala rumah tangga dan IKM.

Biomassa yang termasuk dalam klaster level 1, secara umum merupakan biomassa yang berasal dari hasil samping komoditi pertanian dan perkebunan yang masih berada di kebun (*on-farm*). Komoditi pertanian yang bisa diambil biomasnya merupakan komoditas yang diusahakan secara luas dan massal, seperti padi dan jagung. Dua komoditi pangan ini diusahakan hampir di seluruh wilayah Indonesia sehingga penggunaannya untuk energi dalam skala industri sangat memungkinkan. Untuk padi, hasil samping yang bisa dimanfaatkan dan umumnya masih berada di *on-farm*, adalah, jerami dan sekam. Dari komoditas padi, potensi energi secara total nasional adalah sebesar 875,821,321 Giga Joule (GJ). Untuk jagung, yang bisa dimanfaatkan adalah tongkol, klobot dan batang jagung. Dari komoditas jagung, potensi energi secara total nasional adalah sebesar 165.097.477 Giga Joule (GJ). Tiga besar provinsi yang memiliki potensi energi dari komoditi padi dan jagung adalah: Jawa Timur dengan potensi energi dari padi 152.808.096,70 GJ, jagung sebesar 51.612.130,10 GJ, sehingga secara total potensinya 204.420.226,80 GJ; Jawa Tengah dengan potensi padi 131.277.318 GJ, jagung sebesar 27.041.907,40 GJ, sehingga secara total potensinya sebesar 158.319.225,40 GJ; Jawa Barat dengan potensi padi 132.110.440,70 GJ, Jagung 8.080.716,00 GJ, sehingga potensi totalnya 140.191.156,70 GJ.

Komoditi perkebunan yang diusahakan secara luas, masif dan intensif adalah kelapa sawit, kelapa, karet, kopi, kakao, dan tebu. Kelapa sawit memiliki hasil samping yang berada di kebun yaitu, pelepah dan kayu sawit yang diremajakan (*re-planting*). Kelapa memiliki hasil samping sabut kelapa dan tempurung. Karet memiliki hasil samping kayu untuk tanaman *re-planting*. Tebu memiliki hasil samping pucuk daun dan daduk. Kakao memiliki hasil samping kulit buah (pod) dan kulit biji. Kopi memiliki hasil samping kulit buah kopi.

Total energi potensial yang bisa didapatkan dari biomassa komoditi perkebunan ini seperti ditampilkan pada tabel berikut ini:

No	Perkebunan	Total Energi (GJ)
1	Sawit	24.007.652,73
2	Kelapa	21.899.984,25
3	Tebu	7.071.148,80
4	Kakao	5.831.888,13
5	Karet	2.272.300,61
6	Kopi	6.531.761,25
	TOTAL	67.614.735,77

Level 2: Memiliki teknologi konversi energi yang berasal dari biomas untuk memenuhi kebutuhan industri agro itu sendiri.

Biomassa pada kluster ke 2 ini sudah digunakan oleh industri, baik industri primer maupun oleh industri hilir. Biomassa ini sudah berpindah bukan lagi berada di perkebunan namun merupakan produk samping industri yang pada masa lalu sering diistilahkan dengan limbah (*waste*). Posisi biomassa ini terpusat di industri (*off-farm*) sehingga lebih mudah dikumpulkan dan dimobilisasi.

Industri yang termasuk dalam kluster ke 2 ini berdasarkan observasi langsung ke industri agro terpilih adalah industri pulp dan kertas, industri kakao, industri kelapa dan industri Furniture. Industri pulp dan kertas memiliki hasil samping biomassa yang bisa digunakan untuk energi berupa kulit beserta potongan kayu. Industri kakao memiliki hasil samping biomassa yang bisa digunakan untuk energi berupa kulit biji (shell). Industri kelapa memiliki hasil samping biomassa yang bisa digunakan untuk energi berupa ampas kelapa. Industri Furniture memiliki hasil samping biomassa yang bisa digunakan untuk energi berupa serbuk gergaji, sebetan beserta potongan kayu.

Kulit beserta potongan kayu di industri pulp dan kertas memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 30 % dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 5.020,8 MJ dan potensi total secara nasional diprediksi 60.288.349,24 GJ. Kulit biji (shell) di industri kakao memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 15 % dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 2.100 MJ dan potensi total secara nasional diprediksi 3.137.721,56 GJ. Ampas kelapa di industri kelapa memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 19,50 % dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 1.021,8 MJ dan potensi total secara nasional diprediksi 348.578,05 GJ. Serbuk gergaji, seberang dan potong kayu di industri furniture memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 36 % dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 6.025 MJ dan potensi total secara nasional diprediksi 27.819.758,21 GJ.

Level 3: Surplus energi yang berasal dari biomas dan terintegrasi industri agro dan penghasil energi.

Biomassa pada kluster ke 3 ini juga merupakan hasil samping industri agro namun jumlah dan jenis lebih banyak dan berlebih untuk kebutuhan industri agro tersebut. Posisi biomassa ini terpusat di industri (*off-farm*) sehingga lebih mudah dikumpulkan dan dimobilisasi.

Industri yang termasuk dalam kluster ke 3 ini berdasarkan observasi langsung ke industri agro terpilih adalah industri kelapa sawit dan industri gula dari tebu. Industri kelapa sawit memiliki hasil samping yang bisa digunakan sebagai energi alternatif. Hasil samping tersebut adalah mesocarp fiber, cangkang sawit, tandan buah kosong (TKS) dan Palm Oil Mill Effluent (POME). Industri gula dari tebu memiliki hasil samping industri berupa ampas tebu, blotong, dan molase.

Mesocarp fiber memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 12% dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 2.286 MJ dan potensi total secara nasional diprediksi 354.074.573 GJ. Cangkang memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 6% dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 1.205,4 MJ dan potensi total secara nasional diprediksi sebesar 186.702.314,08 GJ. TKS memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 21,5 % dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 4.039,85 MJ dan potensi total secara nasional diprediksi sebesar 625.725.355,52 GJ. POME memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 55 % dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 19.635,00 MJ dan potensi total secara nasional diprediksi 3.041.231.074,35 GJ. Hasil samping industri sawit ini memiliki potensi energi yang sangat besar dengan jumlah total secara nasional diprediksi mencapai 4.207.733.316,71 GJ.

Ampas tebu memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 30 % dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 5.475 MJ dan potensi total secara nasional diprediksi 148.810.500 GJ. Blotong memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 4 % dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 196,8 MJ dan potensi total secara nasional diprediksi sebesar 5.349.024 GJ. Molase memiliki indeks massa per ton bahan baku sebesar 5 % dengan jumlah kalori per ton bahan baku sebesar 199,5 MJ dan potensi energi total secara nasional diprediksi sebesar 159.581.934 GJ.

Tantangan Penyediaan Energi Alternatif

Tantangan penyediaan energi alternatif dari biomassa setidaknya memiliki tiga tantangan utama. Tantangan tersebut di antaranya:

- Potensi cukup besar, namun tersebar sehingga menyulitkan untuk mobilisasi dan pengumpulan biomas dari *on-farm* (kebun, lahan) ke *off-farm* (pembangkit energi). Hal ini semakin dipersulit dengan keterbatasan infrastruktur pendukung, khususnya wilayah Indonesia Timur.
- Biaya produksi listrik energi terbarukan relatif tinggi sehingga masih sulit berkompetisi dengan energi konvensional dari fosil.
- Ketergantungan terhadap teknologi dan peralatan EBT dari luar negeri masih tinggi. Pemanfaatan biomassa menjadi energi (dalam bentuk panas, gas, bahan bakar cair, dan listrik) dapat dilakukan dengan berbagai jalur konversi teknologi. Secara umum para pakar membaginya menjadi beberapa jalur konversi sesuai dengan bahan baku dan hasil akhir yang diinginkan (Turkenburget al., 2000; Soerawidjaja, 2009; Macqueen & Korhaliller 2011). Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu pembakaran langsung, konversi termokimiawi,

dan konversi biokimiawi. Pembakaran langsung merupakan teknologi yang paling sederhana karena pada umumnya biomassa telah dapat langsung dibakar. Beberapa biomassa perlu dikeringkan terlebih dahulu dan didensifikasi untuk kepraktisan dalam penggunaan. Konversi termokimiawi merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan termal untuk memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar. Sedangkan konversi biokimiawi merupakan teknologi konversi yang menggunakan bantuan mikroba dalam menghasilkan bahan bakar (Susanto, 2008).

Rekomendasi

Secara umum pengembangan energi biomassa terutama yang terintegrasi dengan industri memerlukan insentif yang diberikan pada industri pada umumnya. Industri Agro yang terintegrasi dengan pembangkit energinya, terutama untuk daerah/wilayah *remote-area*, diberikan insentif yang dapat berupa:

- Tax Allowance (Peraturan Pemerintah No. 18/2015 jo Peraturan Pemerintah No. 9/2016, Peraturan BKPM No. 6/2018, Permen ESDM No. 16/2015, mendapatkan potongan pajak 30 % dari nilai investasi atau pengurangan pajak penghasilan bersih selama 6 tahun, 5% setiap tahunnya.
- Fasilitas bea masuk sesuai dengan PMK No.176 / 2009 jo. PMK No. 188/2015, PMK No. 66/2015 dan Peraturan BKPM No. 13/2017. Fasilitas bea masuk pada mesin dan peralatan, barang, dan bahan baku untuk produksi serta pembebasan bea masuk atas mesin dan peralatan :
 - 2 (dua) tahun pembebasan bea masuk atas bahan baku
 - Tambahan 2 tahun pembebasan bea masuk untuk bahan baku jika perusahaan yang menggunakan mesin dan peralatan produksi lokal (min 30%)
- Tax Holiday, berdasarkan PMK No. 35/2018, Peraturan BKPM No. 1/2019, perusahaan selama 5-20 tahun akan mendapat fasilitas keringanan pajak, jika memiliki investasi minimal 500 miliar, serta pengurangan pajak penghasilan.

Selain insentif finansial, rekomendasi yang disampaikan dalam kajian ini untuk masing-masing kelompok/klaster energi biomassa.

- Level 1, penggunaan energi biomassa sebagai energi potensial di masa depan. Penggunaan sebagai bahan bakar belum massif. Perlu kajian teknologi dan kelayakan untuk penggunaannya di masa depan. Pemerintah harus mendorong kajian dan riset tentang penggunaan biomassa sebagai energi. Sebagai alternatif pengganti batubara. Riset bisa diarahkan ke teknologi konversi dan penyimpanan biomassa dalam bentuk briket. Pembangkit listrik biomassa ini potensial untuk dibangun di wilayah-wilayah yang memiliki lahan sawah dan jagung, lahan sawit, kelapa, kakao, kopi, tebu dan karet. Untuk kebutuhan pembangkit listrik tenaga biomas (PLTBm dengan output 1 Mega Watt (MW) dibutuhkan sekitar 15-20 ton biomassa per hari atau sekitar 450.000 – 700.000 ton per tahun. Dari data potensi yang ada, hampir seluruh wilayah Indonesia, bisa didirikan PLTBm ini dengan energi yang dihasilkan mulai dari 1 MW sampai dengan 100 MW, dengan syarat pengumpulan (*collecting*) bisa dilakukan

dan daerah sekitar pembangkit merupakan area untuk komoditi pertanian dan perkebunan. Agar energi ini bisa disimpan lama, disarankan agar biomassa ini terlebih dahulu dikonversi menjadi briket biomas dengan menggunakan teknologi hidrotermal atau teknologi lainnya.

- Level 2, penggunaan energi dari biomassa sudah digunakan oleh industri dan telah memiliki teknologi konversi namun baru mencukupi (*self sufficient*) untuk kebutuhan industri tersebut saja. Biomassa yang termasuk dalam kluster ke 2 ini adalah industri pulp dan kertas, industri kakao, industri kelapa dan industri furniture. Industri berbasis biomassa ini perlu didorong untuk terus melakukan riset sehingga diperoleh metode yang paling efisien dalam penggunaannya serta teknologi konversi yang paling murah.
- Level 3, penggunaan energi dari biomassa sudah umum digunakan, terintegrasi dengan industri serta suplai energinya berlebih kalau hanya untuk kebutuhan industri tersebut. Untuk klaster ke 3 ini, pemerintah perlu mendorong industri dengan kebijakan insentif agar membuat industri sejenis dalam satu kawasan industri terpadu.

SIMPULAN

Biomass memiliki potensi yang sangat besar untuk dijadikan sebagai energi alternatif. Potensi tersebut dapat dibagi dalam 3 kategori, yakni level 1, biomass potensial namun perlu teknologi dan teknik pengumpulan biomass dalam satu lokasi. Hampir seluruh wilayah di Indonesia memiliki potensi ini terutama yang memiliki lahan sawah dan jagung. kategori level 2, memiliki potensi yang besar dan lebih mudah dikumpulkan, karena reintegrasi dengan industri agro, namun perlu penelitian dan insentif lebih lanjut dalam pengembangannya. Kategori level ke 3, potensi biomass ini merupakan hasil samping industri agro, dan secara empiris telah dipakai sebagai sumber energi, diperlukan kebijakan insentif finansial dan regulasi yang memungkinkan industri untuk berbagi kelebihan energi biomass tersebut.